

526,021
10/526021

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
11 mars 2004 (11.03.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/020142 A2

BEST AVAILABLE COPY

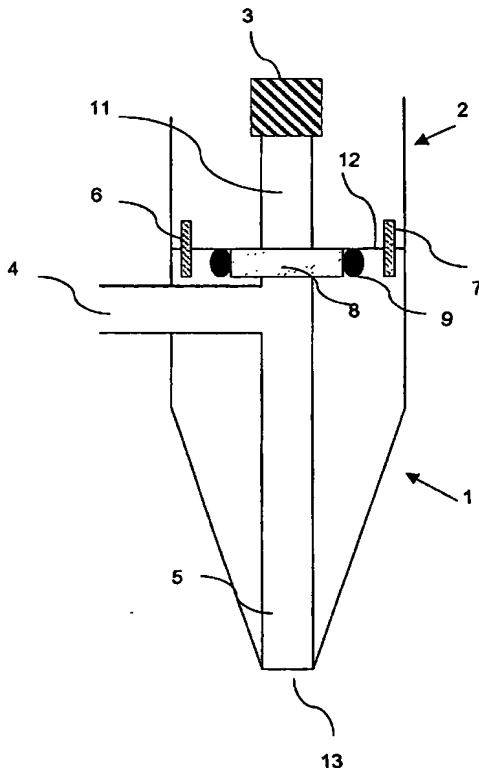
- (51) Classification internationale des brevets⁷ : B23K 26/14
(21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2003/002405
(22) Date de dépôt international : 30 juillet 2003 (30.07.2003)
(25) Langue de dépôt : français
(26) Langue de publication : français
(30) Données relatives à la priorité : 02/10607 27 août 2002 (27.08.2002) FR
(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : USINOR [FR/FR]; Immeuble "Le Pacific", La Défense, 11/13, cours Valmy, F-92800 Puteaux (FR).

- (72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : ALIPS Philippe [FR/FR]; 15, rue de la Commune, F-59380 Armourets Cappel (FR). DUBRULLE, François [FR/FR]; 40, rue Belle-Rade, F-59240 Dunkerque (FR). VERGNIEZ, Gabriel [FR/FR]; 32, rue Principale, F-62500 Boisdenghem (FR).
(74) Mandataire : PLAISANT, Sophie; Usinor DIR-PI, Immeuble "La Pacific", TSA 10001, F-92070 La Defense Cedex (FR).
(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AU, AZ, BA, BB, BR, BY, BZ, CA, CN, CO, CR, CU, DM, DZ, EC, GD, GE, GH, GM, HR, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LV, MA, MD, MG, MK,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR CONTROLLING AN OPERATION INVOLVING THE LASER BEAM WELDING, HARDFACING OR MACHINING OF A PART

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCÉDE DE CONTRÔLE D'UNE OPERATION DE SOUDAGE, DE RECHARGEMENT OU D'USINAGE PAR FAISCEAU LASER D'UNE PIÈCE



(57) Abstract: The invention relates to a device that is used to control the quality of an operation involving the laser beam welding, hardfacing or machining of a part. The inventive device consists of at least one gas blow nozzle (1) comprising: an exhaust duct (5) which is used to release a stream of the gas; and at least one photo-sensitive sensor (3) which is disposed behind the aforementioned exhaust duct (5) such that it can collect at least one light signal emitted during the welding, hardfacing or machining operation, which penetrates said exhaust duct (5). The invention also relates to a method of controlling an operation involving the laser welding, hardfacing or machining of a part.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif de contrôle de la qualité d'une opération de soudage, de rechargement ou d'usinage d'une pièce par faisceau LASER, comprenant au moins une buse de soufflage d'un gaz (1) munie d'un canal d'éjection (5) d'un flux dudit gaz, et munie d'au moins un capteur photosensible (3) disposé en arrière dudit canal d'éjection (5) de façon à pouvoir recueillir au moins un signal lumineux pénétrant dans ledit canal d'éjection (5) et émis pendant ladite opération de soudage, de rechargement ou d'usinage, ainsi qu'un procédé de contrôle d'une opération de soudage, de rechargement ou d'usinage LASER d'une pièce.

WO 2004/020142 A2



MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, RU, SC, SD, SG, SL, SY, TJ, TM, TN, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

DISPOSITIF ET PROCEDE DE CONTROLE D'UNE OPERATION DE SOUDAGE, DE RECHARGEMENT OU D'USINAGE PAR FAISCEAU LASER D'UNE PIECE

5

L'invention concerne le contrôle de la qualité en soudage, rechargement ou usinage par faisceau LASER.

L'utilisation de faisceaux à haute densité d'énergie s'est particulièrement développée au cours des deux dernières décennies, notamment dans le domaine du soudage des tôles nues ou revêtues pour applications automobiles, en raison de caractéristiques avantageuses :

- une vaporisation limitée du revêtement, conférant une meilleure protection galvanique contre la corrosion,
- de très faibles déformations des assemblages,
- 15 - une grande précision et une vitesse de soudage élevée,
- un aspect de cordons ne nécessitant pas de parachèvement,
- une bonne tenue à l'emboutissage et en fatigue des joints.

Différents défauts, notamment des porosités, défauts d'alignement, sont cependant susceptibles d'apparaître, en raison de conditions de préparation inadéquates (accostage imparfait par exemple), d'instabilités du bain de fusion, de projections excessives. Le soudage des tôles d'aciers comportant des revêtements à base de zinc présente à cet égard des difficultés toutes particulières. Il est donc nécessaire de disposer de systèmes de contrôle de procédés performants, les instabilités du bain de fusion pouvant mener à la formation d'éventuels défauts.

Ce contrôle en ligne peut être réalisé au moyen de différentes variables physiques : La mise en œuvre d'un faisceau LASER provoque la formation d'un plasma issu de son interaction avec le gaz de protection et les vapeurs métalliques. Dans le but de minimiser la formation de ce plasma qui réduit la pénétration, on utilise un système de soufflage constitué d'une buse de faible diamètre déportée longitudinalement à l'arrière de la tête de soudage, qui permet de projeter un jet de gaz neutre à quelques millimètres au dessus de la surface de la pièce.

Différents capteurs optiques, tels que des photodiodes sensibles dans le domaine de l'ultraviolet et du visible, peuvent être utilisés avantageusement pour analyser la stabilité de ce plasma, qui reflète celle de l'opération de soudage.

5 De la même façon, des photodétecteurs infra-rouge placés derrière le faisceau dans le sens du déplacement peuvent être utilisés pour mesurer l'intensité émise par le métal fondu. En règle générale, l'intensité infra-rouge traduit la quantité de chaleur transférée à la pièce. Ainsi, une pénétration accrue se traduit par un accroissement de l'émission infra-rouge

10 Toutefois, la mise en œuvre pratique de ces différents capteurs est difficile : en effet, l'énergie recueillie est faible, car le signal diminue en raison inverse du carré de distance de la source au capteur. Deux solutions sont alors possibles :

- 15 - soit utiliser des capteurs optiques de grand diamètre : cette solution a cependant le désavantage de conduire à un rapport signal/bruit faible. En effet, l'énergie lumineuse émise par le capillaire provient d'un faible angle solide et d'autres signaux lumineux non désirables sont alors captés par l'optique. En pratique, il est alors très difficile de détecter l'apparition des défauts au sein de signaux très bruités.
- 20 - soit rapprocher le capteur de la zone soudée : dans ce cas, les expulsions périodiques, les vapeurs métalliques condensées peuvent dégrader assez rapidement les optiques des capteurs. L'élévation locale de température ne permet pas non plus de placer le capteur très près du métal fondu. Des techniques palliatives ont été imaginées,
- 25 reposant sur le soufflage d'un jet gazeux latéral devant le capteur pour protéger celui-ci, ou encore la protection des optiques par une lame transparente consommable à changer régulièrement. Cependant, ces solutions ne sont pas satisfaisantes, ni du point de vue économique, ni du point de vue de la fiabilité du signal.

30 La présente invention a pour but de résoudre les problèmes évoqués précédemment. Elle vise en particulier à mettre à disposition un dispositif de contrôle permettant de recueillir les signaux lumineux émis par l'interaction faisceau LASER / matière qui traduisent la qualité du soudage, du

rechargement ou de l'usinage, avec un rapport signal/bruit élevé et un positionnement précis par rapport au faisceau LASER, ledit dispositif devant être peu sensible aux différentes pollutions lors du soudage, du rechargement ou de l'usinage, inhérentes à tout environnement industriel.

5 Avec ces objectifs en vue, l'invention a pour premier objet un dispositif de contrôle de la qualité d'une opération de soudage, de rechargement ou d'usinage d'une pièce par faisceau LASER, comprenant au moins une buse de soufflage d'un gaz munie d'un canal d'éjection d'un flux dudit gaz, et munie d'au moins un capteur photosensible disposé en arrière dudit canal
10 d'éjection de façon à pouvoir recueillir au moins un signal lumineux pénétrant dans ledit canal d'éjection et émis pendant ladite opération de soudage, de rechargement ou d'usinage.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la buse de soufflage d'un gaz comprend un canal placé dans le prolongement du canal
15 d'éjection, et le capteur photosensible est disposé dans ledit canal.

Selon un autre mode de réalisation préféré, la buse de soufflage d'un gaz comprend un canal placé dans le prolongement du canal d'éjection et un canal latéral débouchant dans ledit canal, le capteur photosensible étant disposé dans le canal latéral, et une lame réfléchissante est disposée à la
20 jonction du canal et du canal latéral de façon à dévier le signal lumineux en direction du capteur photosensible.

Cette lame réfléchissante est, de préférence, semi-transparente.

Le dispositif selon l'invention peut présenter avantageusement une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, seules ou en combinaison :

- 25 - au moins un capteur photosensible est sensible au rayonnement infra-rouge,
- au moins un capteur photosensible est sensible au rayonnement ultra-violet,
- au moins un capteur photosensible est isolé du flux de gaz par une
30 séparation étanche optiquement transparente au moins dans la plage de sensibilité de ce capteur,
- le dispositif comprend des moyens de filtration et d'amplification du signal de sortie du capteur photosensible,

- le dispositif comprend des moyens d'enregistrement du signal de sortie du capteur photosensible.

L'invention a pour second objet un procédé de contrôle d'une opération de soudage, de rechargement ou d'usinage d'une pièce par faisceau LASER, dans lequel on recueille, au moyen du dispositif selon l'invention, au moins un signal lumineux provenant de l'opération de soudage, de rechargement ou d'usinage, que la variation de ce signal lumineux en fonction du temps est comparée à au moins un signal de référence obtenu dans des conditions telles qu'aucun défaut volumique ou surfacique inacceptable ne soit présent sur la pièce, et que l'acceptation ou le rebut de la pièce soudée, rechargée ou usinée soit décidée par comparaison de ces deux signaux.

Enfin, l'invention a pour troisième objet, un procédé de contrôle d'une opération de soudage, de rechargement ou d'usinage d'une pièce par faisceau LASER, dans lequel on recueille, au moyen d'un dispositif selon l'invention, au moins un signal lumineux provenant de ladite opération de soudage, de rechargement ou d'usinage, que la variation dudit signal lumineux en fonction du temps est comparée à au moins un signal de référence obtenu dans des conditions telles qu'aucun défaut volumique ou surfacique inacceptable ne soit présent sur ladite pièce, et que les paramètres de soudage, de rechargement ou d'usinage soient asservis en fonction de la comparaison desdits au moins deux signaux.

Le dispositif de contrôle de la qualité d'une opération de soudage, de rechargement ou d'usinage conçu conformément à l'invention présente un certain nombre d'avantages : comme le capteur est intégré au sein d'un dispositif de soufflage de gaz, qui peut être lui-même placé à proximité immédiate de la zone d'interaction faisceau-matière, le rapport signal/bruit est élevé. Des perturbations éventuelles du soudage, du rechargement ou de l'usinage seront donc plus aisément observables. Par ailleurs, la localisation du capteur au sein même du dispositif apportant le gaz (celui-ci étant par exemple un gaz neutre) protège ce capteur de toute dégradation.

L'invention va être maintenant décrite de façon plus précise, mais non limitative en référence aux figures jointes dans lesquelles :

- La figure 1 est une vue schématique en coupe d'un premier mode de

réalisation d'un dispositif selon l'invention,

- La figure 2 est une vue schématique en coupe d'un second mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention,

5 - Les figures 3 à 5 illustrent des exemples de signaux enregistrés pendant le soudage LASER au moyen d'un dispositif selon l'invention : ils correspondent respectivement à des soudures sans défaut, avec apparition d'un défaut isolé, ou avec de nombreuses instabilités,

10 Dans un premier mode de réalisation repris à la figure 1, le dispositif de contrôle de la qualité d'une opération de soudage, de rechargement ou d'usinage d'une pièce par faisceau LASER, est constitué d'une buse de soufflage d'un gaz 1 munie d'une tête de mesure 2 disposée sur la face arrière 12 de la buse 1.

15 La buse 1 comporte un canal 5 d'éjection de gaz et un canal 4 d'alimentation en gaz débouchant dans le canal 5. Ce dernier canal 5, disposé dans l'axe de la buse 1 débouche, d'une part, à l'avant 13 de la buse 1, du côté par lequel le flux de gaz est éjecté de la buse 1, et d'autre part, sur la face arrière 12 de la buse 1.

20 La tête de mesure 2 comporte un canal 11 débouchant sur la face avant de la tête de mesure 2, destinée à être accolée à la face arrière 12 de la buse 1, et un capteur photosensible 3 disposé dans l'axe du canal 11, orienté pour recueillir le rayonnement lumineux entrant par l'intermédiaire du canal 5. L'orientation du capteur, co-axiale à celle de l'écoulement du flux de gaz, garantit que la zone observée par celui-ci, est bien une zone d'interaction avec le gaz.

25 Le capteur photosensible 3 est avantageusement un détecteur de rayonnement infra-rouge (par exemple photo-diode Ge+filtre Si, photo-diode InGaAs) enregistrant notamment le rayonnement provenant de la zone fondue, ou un détecteur de rayonnement ultra-violet (par exemple photo-diode GaP, photo-diode au silicium). Le signal de sortie de ce capteur photosensible peut être avantageusement filtré et amplifié.

30 La face avant de la tête de mesure 2 est disposée contre la face arrière 12 de la buse 1 et maintenue par des moyens de centrage, par exemple des plots de centrage 6 et 7, de telle sorte que le canal 11 soit

coaxial au canal 5 d'éjection du gaz.

A la jonction de la face avant de la tête de mesure 2 et de la face arrière 12 de la buse 1, le canal 5 est séparé du canal 11 par une séparation 8, transparente au rayonnement lumineux au moins dans la plage de sensibilité du capteur 3, et en rapport avec le phénomène physique que l'on souhaite mesurer. Par exemple, dans le cas où l'on cherche à enregistrer le signal provenant du plasma en soudage LASER, on utilise avantageusement une séparation optiquement transparente au moins au rayonnement ultra-violet. Cette séparation 8 repose sur un siège usiné dans la buse 1 ou dans la tête de mesure 2. La séparation 8 est complétée avantageusement par un joint torique 9 de façon à assurer une étanchéité entre la buse 1 et la tête de mesure 2.

Selon un second mode de réalisation représenté à la figure 2, le dispositif de contrôle selon l'invention comporte un capteur 3' disposé dans un canal 11' latéral et débouchant dans le canal 11. Une lame réfléchissante 10 qui peut être semi-transparente est disposée à la jonction du canal 11 et du canal latéral 11' de façon à dévier le rayonnement provenant du canal d'éjection 5 et passant à travers le canal 11, pour le faire passer à travers le canal 11' afin qu'il puisse atteindre le capteur 3'.

Lorsque l'on veut utiliser le dispositif selon l'invention pour contrôler une opération de soudage, de rechargement ou d'usinage, on le place de telle sorte que la face avant 13 de la buse 1 soit orientée vers la zone de formation du plasma ou du métal fondu par exemple, et on souffle le gaz.

Dans le cas de soudage LASER, il peut s'agir avantageusement de la buse servant à souffler un gaz pour réduire la formation du plasma. Le rayonnement lumineux émis lors de l'opération de soudage, de rechargement ou d'usinage, pénètre axialement dans le canal d'éjection 5, traverse la séparation 8, et poursuit son parcours par le canal 11. Il est alors reçu par le capteur photosensible 3 ou 3' qui émet un signal utilisé pour mesurer l'intensité du rayonnement.

Grâce à un ou plusieurs capteurs, on peut enregistrer en fonction du temps, un ou plusieurs signaux lumineux provenant de l'opération de soudage, de rechargement ou d'usinage. De préférence, ces capteurs sont

positionnés à une distance très proche de la source lumineuse (plasma, métal fondu), puisque les risques d'endommagement de ceux-ci par la chaleur, les projections ou les vapeurs métalliques, sont réduits en raison de leur localisation au sein de buses de soufflage de gaz. De la sorte, les signaux lumineux recueillis sont d'une grande intensité. La variation de ces signaux lumineux peut être alors comparée à un ou plusieurs signaux de référence obtenus dans des conditions telles qu'aucun défaut volumique ou surfacique inacceptable ne soit présent sur la pièce. Cette comparaison permet de décider de l'acceptation ou du rejet de la pièce soudée, rechargée ou usinée, ou encore, par un asservissement des différents paramètres de soudage, d'éviter la formation de défauts.

Les figures 3 à 5 présentent des exemples de signaux enregistrés durant une opération de soudage LASER par un dispositif selon l'invention : on a soudé des tôles d'acier électrozinguées de 1,2 mm d'épaisseur par LASER CO₂ de 6kW avec une vitesse de 1,5 m/mn. Le capteur est une photodiode au silicium sensible dans une plage de rayonnement allant de 450 à 1100 nm, intégrée au sein d'une buse de soufflage d'argon placée derrière le faisceau LASER dans le sens du soudage. La buse est orientée vers le métal fondu par le faisceau LASER. La distance entre le point d'impact du faisceau sur la tôle et l'extrémité de la buse est de 40 mm.

La figure 3 illustre une soudure réalisée dans des conditions satisfaisantes : à partir du début de l'opération de soudage (partie gauche du diagramme), le signal enregistré par le capteur, qui correspond à l'énergie lumineuse renvoyée par le métal fondu, ne présente pas de variation significative. De fait, les examens des soudures ne mettent en évidence aucun défaut.

La figure 4 présente une variation caractéristique du signal. Cette instabilité correspond à l'apparition ponctuelle d'un défaut.

La figure 5 traduit une opération de soudage sur tôle avec revêtement de zinc. Les nombreuses perturbations du signal enregistrées par le capteur selon l'invention correspondent à des instabilités du plasma, des projections de métal liquide, et la soudure comporte des défauts importants.

Ainsi, le dispositif selon l'invention, qui peut être placé à faible distance

de la zone de travail en cours de soudage, d'usinage, ou de rechargement, permet d'enregistrer des signaux intenses bien caractéristiques de la qualité de l'assemblage. Le dispositif très compact et transportable s'insère aisément au sein d'un espace restreint occupé par une ou plusieurs têtes de soudage
5 ou d'usinage ou plusieurs buses de gaz, sans affecter la bonne marche des constituants pré-existants d'une installation LASER.

REVENDICATIONS

5

1. Dispositif de contrôle de la qualité d'une opération de soudage, de rechargement ou d'usinage d'une pièce par faisceau LASER, comprenant au moins une buse de soufflage d'un gaz (1) munie d'un canal d'éjection (5) d'un flux dudit gaz, et munie d'au moins un capteur photosensible (3, 3') disposé en arrière dudit canal d'éjection (5) de façon à pouvoir recueillir au moins un signal lumineux pénétrant dans ledit canal d'éjection (5) et émis pendant ladite opération de soudage, de rechargement ou d'usinage.
10
- 15 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite buse de soufflage d'un gaz (1) comprend un canal (11) placé dans le prolongement dudit canal d'éjection (5), et en ce que ledit capteur photosensible (3) est disposé dans ledit canal (11).
- 20 3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite buse de soufflage d'un gaz (1) comprend un canal (11) placé dans le prolongement dudit canal d'éjection (5) et un canal latéral (11') débouchant dans ledit canal (11), ledit capteur photosensible (3') étant disposé dans ledit canal latéral (11'), et en ce qu'une lame réfléchissante (10) est disposée à la jonction du canal (11) et du canal latéral (11') de façon à dévier ledit signal lumineux en direction du capteur photosensible (3').
25
4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite lame réfléchissante (10) est semi-transparente.
30
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit capteur photosensible (3, 3') est sensible au rayonnement

infrarouge.

- 5 6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit capteur photosensible (3, 3') est sensible au rayonnement ultra-violet.
- 10 7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit capteur photosensible (3, 3') est isolé dudit flux de gaz par une séparation étanche (8) optiquement transparente au moins dans la plage de sensibilité dudit capteur photosensible (3, 3').
- 15 8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de filtration, d'amplification et d'enregistrement du signal de sortie dudit capteur photosensible (3, 3').
- 20 9. Procédé de contrôle d'une opération de soudage, de rechargement ou d'usinage d'une pièce par faisceau LASER, caractérisé en ce qu'on recueille, au moyen d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, au moins un signal lumineux provenant de ladite opération de soudage, de rechargement ou d'usinage, que la variation dudit un signal lumineux en fonction du temps est comparée à au moins un signal de référence obtenu dans des conditions telles qu'aucun défaut volumique ou surfacique inacceptable ne soit présent sur ladite pièce, et que l'acceptation ou le rebut de la pièce soudée ou usinée soit décidée
- 25 par comparaison dudit signal lumineux mesuré pendant ladite opération de soudage, de rechargement ou d'usinage et dudit signal de référence.
- 30 10. Procédé de contrôle d'une opération de soudage, de rechargement ou d'usinage d'une pièce par faisceau LASER, caractérisé en ce qu'on recueille, au moyen d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, au moins un signal lumineux provenant de ladite opération de soudage, de rechargement ou d'usinage, que la variation dudit signal lumineux en fonction du temps est comparée à au moins un

signal de référence obtenu dans des conditions telles qu'aucun défaut volumique ou surfacique inacceptable ne soit présent sur ladite pièce, et que les paramètres de soudage, de rechargement ou d'usinage soient asservis en fonction de la comparaison desdits au moins deux signaux.

1/4

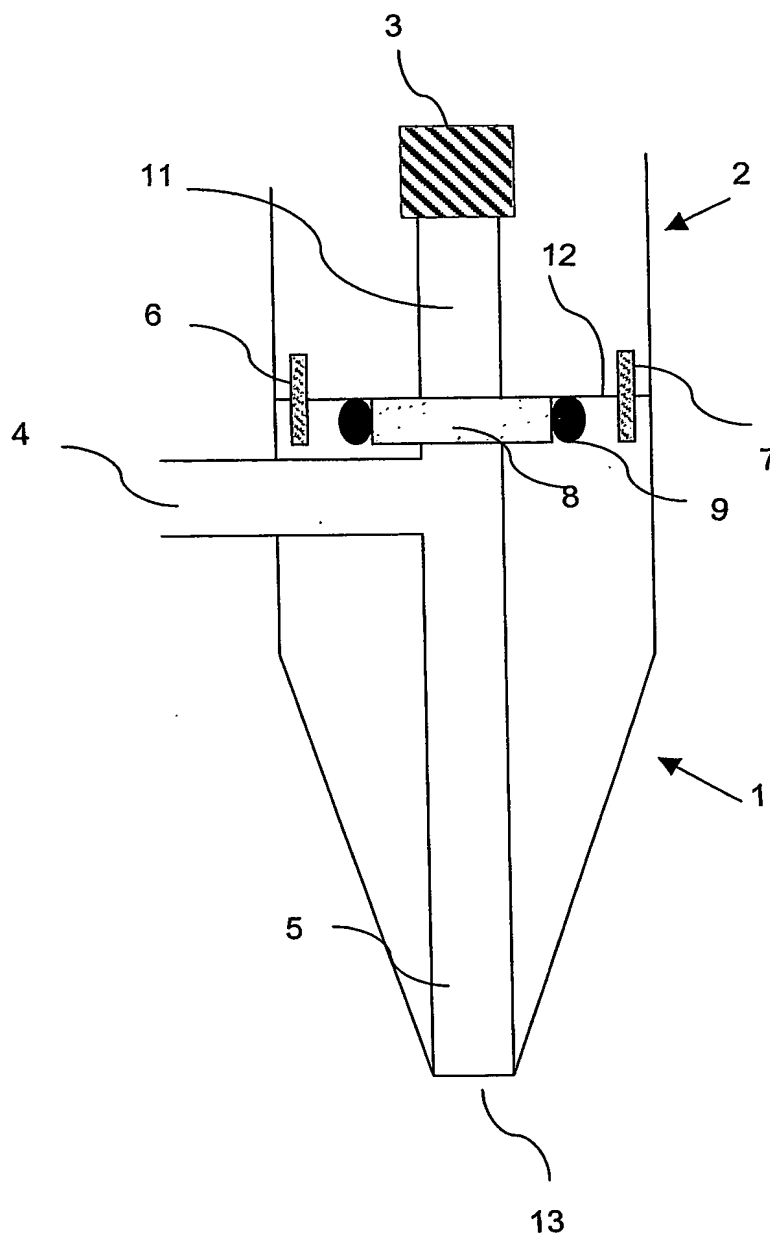


Figure 1

2/4

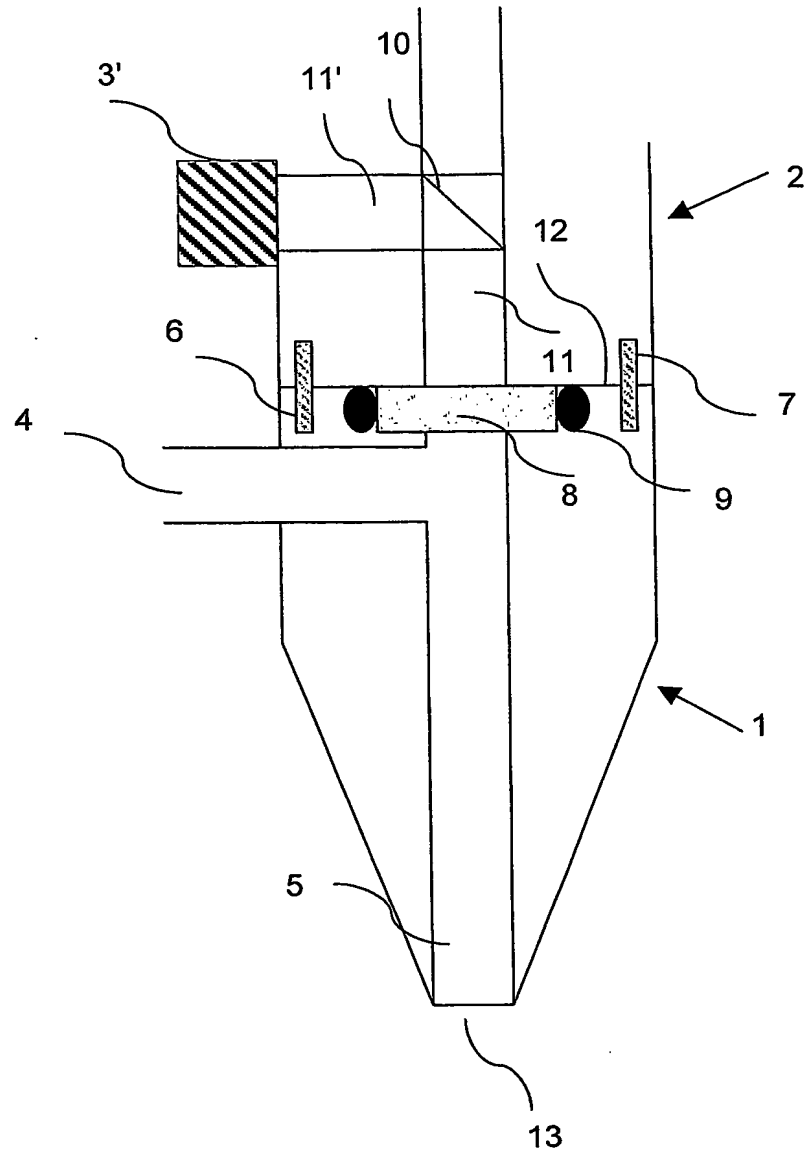


Figure 2

3/4

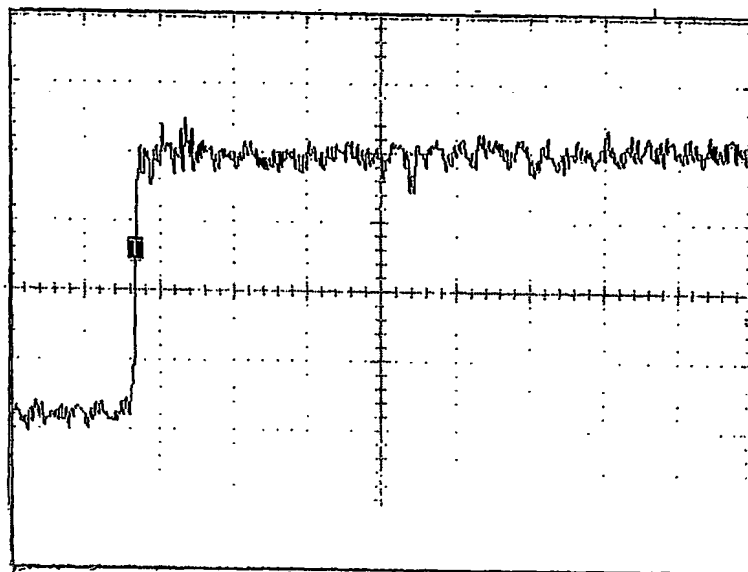
Signal du
capteur

Figure 3

Temps

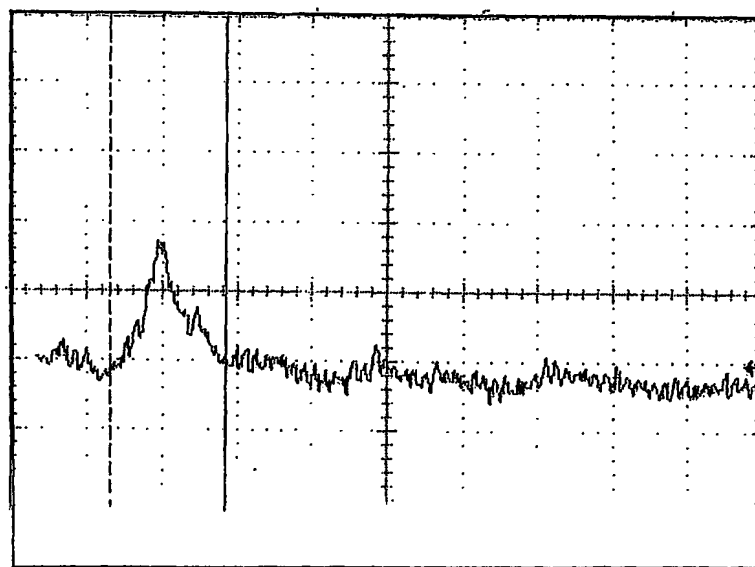
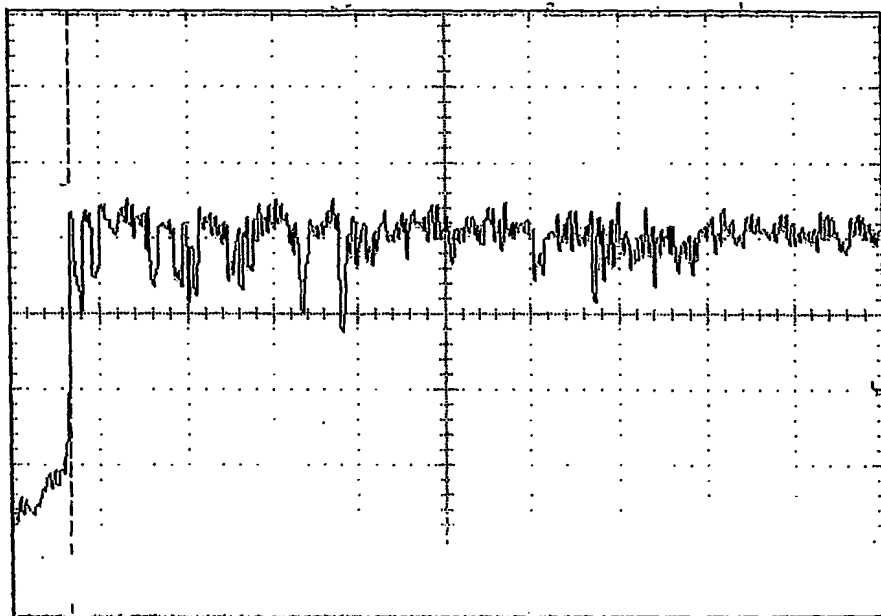
Signal du
capteur

Figure 4

Temps

4/4

Signal du
capteur

Temps

Figure 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.